

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pustaka

Berdasarkan Penelitian terdahulu yang membahas masalah variasi arus pengelasan dan kekuatan geser antara lain.

Berdasarkan penelitian Martua Frans Purba, (2009) Hasil dari studi pengelasan busur listrik pada plat ST 40 dengan variasi sudut kampuh dan kuat arus yang digunakan menunjukan perbedaan kekuatan Tarik pada pengujian Tarik yang dilakukan. Pada pengelasan dengan variasi sudut antara 35° dan 45° tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dibandingkan pengelasan dengan variasi kuat arus 60 A, 80 A, 100 A. Perbandingan perbedaan tegangan maksimum, semakin besar arus yang digunakan maka semakin turun tegangan maksimumnya.

R. Mursid, (2009) Pengaruh Posisi dan Arus Las Terhadap Kecepatan Geser Pengelasan Pada Baja Lunak Dengan Menggunakan Las Busur Listrik AC. Semakin tinggi arus las, maka kecepatan geser pengelasan semakin cepat. Perbedaan kecepatan geser ini disebabkan oleh arus las yang semakin tinggi. Pengelasan yang baik akan terlihat pada penembusan terhadap sambungan yang akan dilas, merata masuk kedalam sambungan (celah). Semakin kecil arus lasan (di bawah 90 A) semakin

dangkal penembusannya dan kekuatan sambungan tidak baik untuk tebal bahan 5 mm. Sedangkan penggunaan arus las di atas 90 A untuk posisi pengelasan di bawah tangan penembusannya lebih baik dan untuk kekuatan sambungan juga akan semakin baik. Batas kualitas pengelasan di bawah tangan yang baik terletak pada penggunaan arus las yaitu sebesar 110 A. Semakin besar arus las justru hasil pengelasannya tidak bagus, karena pelumerannya terlalu cepat dan menghasilkan penembusan yang tidak baik, hal ini diakibatkan dari kecepatan geser pengelasan yang terlalu cepat karena untuk mengimbangi laju pelumeran dari elektroda maupun bahan yang dilas

Febri Riyan, (2017) Pengaruh Jenis Elektroda dan Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik pada Pengelasan Baja ST 41 Menggunakan Las Smaw . Bahwa jenis elektroda memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik. Jenis elektroda berpengaruh terhadap hasil pengujian tarik pada sambungan las, karena masing-masing jenis elektroda memiliki komposisi fluks yang berbeda. Diperoleh bahwa kuat arus memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik. Variasi arus pengelasan berpengaruh terhadap hasil pengujian tarik pada sambungan las, semakin besar arus pengelasan maka semakin besar juga nilai kekuatan tarik plat baja ST 41.

Saiful Huda, (2013) Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW terhadap Distorsi Sudut dan Kekuatan Tarik Sambungan Butt-Join Baja ST 40. Dari hasil pengelasan dengan

variasi arus terlihat bahwa pada kampuh U semakin besar arus kekuatan tarik akan meningkat, demikian juga pada kampuh X, sementara pada kampuh V diperoleh data Yang tidak linier dengan peningkatan besar arus, hal ini disebabkan karena kualitas pengelasan Yang kurang baik karena harga perbedaannya hanya 1,6 %

Sementara itu kekuatan tarik dengan variabel bentuk kampuh terlihat bahwa Kampuh U memiliki hasil terbaik diikuti kampuh V dan terakhir kampuh X

Riyan Angrisca P, (2017) Pengaruh Kuat Arus Pengelasan dan Jenis Elektroda pada Pengujian Tarik Hasil Sambungan Las SMAW pada Baja ST 37. Semakin besar diameter elektroda yg digunakan maka semakin besar pula arus yang digunakan untuk pengelasan berkisaran 80 – 100 Amper dan hasil kekuatan uji tarik menunjukkan besarnya perbedaan tegangan maksimum

Hero Simpein S, (2011) Pengaruh Variasi Kuat Arus Las Listrik pada Sudut Kampuh V Ganda terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Impact dari Material ST 37 Dari hasil tegangan tersebut, ternyata adanya pengaruh arus terhadap pengelasan baja St 37 untuk uji tarik. Semakin besar arus yang digunakan maka tegangan akan terus naik seiring penambahan arus pada pengelasan.

Sedangkan pada penelitian ini akan mencari hubungan pengaruh kuat arus terhadap bentuk kampuh lap join lapis 2

2.2 Las Listrik

Las menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1994), adalah penyambungan besi dengan cara membakar. Dalam referensi-referensi teknis, terdapat beberapa definisi dari Las, Berdasa

arkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN) dalam Harsono dkk(1991:1), mendefinisikan bahwa las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair.

Sedangkan menurut Maman Suratman (2001:1) mengatakan tentang pengertian mengelas yaitu salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas. Sedangkan Sriwidartha, Las adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan.

2.2.1 Jenis – Jenis Pengelasan

Terdapat berbagai jenis pengelasan yang digunakan dalam proses penyatuan logam. Dalam beberapa literatur, terdapat hingga 40 bahkan 200 metoda pengelasan. Berikut ini dijelaskan beberapa metode pengelasan yang dikenal

Las karbit

Las Karbit adalah proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) yang menggunakan gas karbit (gas aseteline= C_2H_2) sebagai bahan bakar, prosesnya adalah membakar bahan bakar yang telah dibakar

gas dengan O₂ sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi.

Las listrik

Pada , panas yang diperoleh untuk proses pelelehan diperoleh dari perbedaan tegangan antara ujung tangkai las dengan benda yang akan di las. Kalau elektroda las cukup dekat dengan benda yang akan dikerjakan itu, akan terjadi loncatan bunga api permanen yang berasal dari arus listrik. Selama melakukan las listrik, tetesan elektroda lempengan logam berdiameter tertentu, berjatuhan menjadi kumpulan cairan logam.

Salah satu metode modern dari las listrik adalah las palma . Plasma adalah gas panas yang suhunya sedemikian tinggi sehingga elektron luar molekul-molekul gas terpisahkan dan membentuk ion. Elektroda untuk las plasma dibuat dari bahan yang kuat, misalnya wolfram. Arus listrik mengionisasi gas plasma sehingga terjadi arus tunggal. Sewaktu terbentuk cairan panas, kawat las bisa ditambahkan. Las Plasma sangat stabil. Cara ini bisa dijalankan secara otomatis, antara lain karena hasil pengelasan tidak terpengaruh oleh panjang arus. Karena las plasma sangat cepat, ia bisa digunakan ntuk memasang lapisan anti karat dan anti aus pada konstruksi baja.

Las Listrik merupakan dasar dari banyak proses las dengan aplikasi khusus. Salah satu yang paling terkenal adadah las MIG/MAG (Metal Inert Gas/ Metal Active Gas). Bedanya dengan las listrik biasa ialah, dari ujung tangkai

las juga keluar aliran gas. Dapat berupa gas karbondioksida yang disebut las CO₂, tetapi dapat juga argon atau campuran beberapa gas. Aliran gas itu melindungi cairan yang meleleh dari udara sekitarnya. Udara mengandung oksigen yang pada suhu sekitar 1800 derajat Celcius dapat membuat karat.

SMAW (Shield Metal Arch Welding)

SMAW (Shield Metal Arch Welding) adalah las busur nyala api listrik terlindung dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Jenis ini paling banyak dipakai dimana-mana untuk hampir semua keperluan pekerjaan pengelasan. Tegangan yang dipakai hanya 23 sampai dengan 45 Volt AC atau DC, sedangkan untuk pencairan pengelasan dibutuhkan arus hingga 500 Ampere. Namun secara umum yang dipakai berkisar 80 – 200 Ampere.

SAW (Submerged Arch Welding)

SAW (Submerged Arch Welding) adalah las busur terbenam atau pengelasan dengan busur nyala api listrik. Untuk mencegah oksidasi cairan metal induk dan material tambahan, dipergunakan butiran-butiran fluks / slag sehingga busur nyala terpendam di dalam ukuran-ukuran fluks tersebut.

ESW (Electro Slag Welding)

ESW (Electro Slag Welding) adalah pengelasan busur terhenti, pengelasan sejenis SAW namun bedanya pada jenis ESW busurnya nyala mencairkan fluks, busur terhenti dan proses pencairan fluks berjalan terus

dam menjadi bahan pengantar arus listrik (konduktif). Sehingga elektroda terhubung dengan benda yang dilas melalui konduktor tersebut. Panas yang dihasilkan dari tahanan terhadap arus listrik melalui cairan fluk / slag cukup tinggi untuk mencairkan bahan tambahan las dan bahan induk yang dilas tempraturnya mencapai 3500°F atau setara dengan 1925°C

SW (Stud Welding)

ESW (Electro Slag Welding) adalah las baut pondasi, gunanya untuk menyambung bagian satu konstruksi baja dengan bagian yang terdapat di dalam beton (baut angker) atau “ Shear Connector “

ERW (Electric Resistant Welding)

ERW (Electric Resistant Welding) adalah las tahanan listrik yaitu dengan tahanan yang besar panas yang dihasilkan oleh aliran listrik menjadi semakin tinggi sehingga mencairkan logam yang akan dilas. Contohnya adalah pada pembuatan pipa ERW, pengelasan plat-plat dinding pesawat, atau pada pagar kawat

EBW (Electron Beam Welding)

EBW (Electron Beam Welding) adalah las dengan proses pemboman elektron, suatu pengelasan yang pencairannya disebabkan oleh panas yang dihasilkan dari suatu berkas loncatan elektron yang dimampatkan dan diarahkan pada benda yang akan dilas. Penelasan ini dilaksanakan di dalam ruang hampa, sehingga menghapus kemungkinan terjadinya oksidasi atau kontaminasi

2.2.2 Jenis Jenis Las Berdasarkan Panas Listrik dan Gas

GMAW (Gas Metal Arch Welding)

GMAW (Gas Metal Arch Welding) terdiri dari ; MIG (Metal Active Gas) dan MAG (Metal Inert Gas) adalah pengelasan dengan gas nyala yang dihasilkan berasal dari busur nyala listrik, yang dipakai sebagai pencair metal yang di-las dan metal penambah. Sebagai pelindung oksidasi dipakai gas pelindung yang berupa gas kekal (inert) atau CO₂. MIG digunakan untuk mengelas besi atau baja, sedangkan gas pelindungnya adalah menggunakan Karbon dioksida CO₂. TIG digunakan untuk mengelas logam non besi dan gas pelindungnya menggunakan Helium (He) dan/atau Argon (Ar)

GTAW (Gas Tungsten Arch Welding) atau TIG (Tungsten Inert Gas)

GTAW (Gas Tungsten Arch Welding) atau TIG (Tungsten Inert Gas) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala dengan tungsten/elektroda yang terbuat dari wolfram, sedangkan bahan penambahnyadigunakan bahan yang sama atau sejenis dengan material induknya. Untuk mencegah oksidasi, dipakai gas kekal (inert) 99 % Argon (Ar) murni

FCAW (Flux Cored Arch Welding)

FCAW (Flux Cored Arch Welding) pada hakikatnya hampir sama dengan proses pengelasan GMAW. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan Karbon dioksida CO₂. Biasanya, pada mesin las FCAW

ditambah robot yang bertugas untuk menjalankan pengelasan biasa disebut dengan super anemo

PAW (Plasma Arch Welding)

PAW (Plasma Arch Welding) adalah las listrik dengan plasma yang sejenis dengan GTAW hanya pada proses ini gas pelindung menggunakan bahan campuran antara Argon (Ar), Nitrogen (N) dan Hidrogen (H) yang lazim disebut dengan plasma. Plasma adalah gas yang luminous dengan derajat pengantar arus dan kapasitas termis / panas yang tinggi dapat menampung temperatur diatas 5000°C

2.2.3 Jenis Jenis Las Berdasarkan Panas Yang Dihasilkan Campuran Gas

OAW (Oxygen Acetylene Welding) adalah sejenis dengan las karbid / las otogen. Panas yang didapat dari hasil pembakaran gas acetylene (C_2H_2) dengan zat asam atau Oksigen (O_2). Ada juga yang sejenis las ini dan memakai gas propane (C_3H_8) sebagai ganti acetylene. Ada pula yang memakai bahan pemanas yang terdiri dari campuran gas hidrogen (H) dan zat asam (O_2) yang disebut OHW (Oxy Hydrogen Welding)

2.2. 4Jenis Jenis Las Berdasarkan Ledakan dan reaksi isothermis

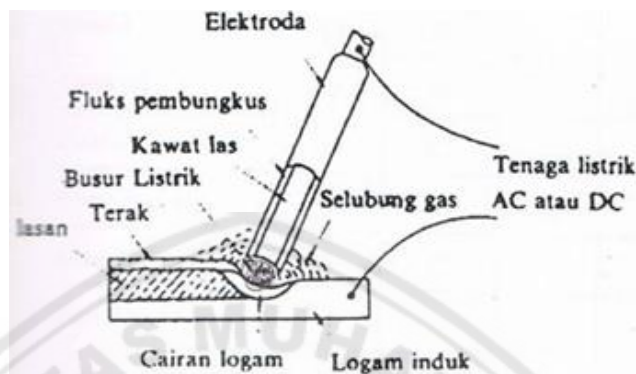
EXW (Explosion Welding) adalah las yang sumber panasnya didapatkan dengan meledakkan amunisi yang dipasang pada suatu mold/cetakan pada bagian tersebut dan mengisi cetakan yang tersedia. Cara ini sangat praktis untuk menyambung kawat baja / wire rope, slenk.

Cara pelaksanaannya adalah ujung-ujung tambang kawat dimasukkan ke dalam mold yang telah terisi amunisi selanjutnya serbuk ledak tersebut dinyalakan dengan pemantik api, maka terjadilah reaksi kimia eksotermis yang sangat cepat sehingga menghasilkan suhu yang sangat tinggi sehingga terjadilah ledakan. Ledakan tersebut mencairkan kedua ujung kawat baja yang terdapat didalam mold tadi, sehingga cairan metal terpadu dan mengisi ruangan yang tersedia didalam mold.

2.3 Proses Las

Proses pengelasan yang umumnya disebut Las Listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Panas tersebut ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas). Panas yang timbul dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000° sampai 4500° Celcius. Sumber tegangan yang digunakan ada dua macam yaitu listrik AC (Arus bolak balik) dan listrik DC (Arus searah). Proses terjadinya pengelasan karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek dan saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (*welder*) harus menarik elektrode sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas. Panas akan mencairkan elektrode dan material dasar sehingga cairan elektrode dan cairan material dasar akan menyatu

membentuk logam lasan (*weld metal*). Untuk menghasilkan busur yang baik dan konstan tukang las harus menjaga jarak ujung elektroda dan permukaan material dasar tetap sama.



Gambar 2.1. Rangkain proses las listrik SMAW
(Sumber : Wirjosumarto, 1988 : 9).

2.4 Jenis Jenis kontruksi Sambungan

2.4.1 Sambungan pelat

1. Sambungan Temu

Sambungan sebidang dipakai terutama untuk menyambung ujung-ujung plat datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama. Keuntungan utama jenis sambungan ini ialah menghilangkan eksentrisitas yang timbul pada sambungan lewatan tunggal seperti dalam Gambar 6.16(b). Bila digunakan bersama dengan las tumpul penetrasi sempurna (full penetration groove weld), sambungan sebidang menghasilkan ukuran sambungan minimum dan biasanya lebih estetik dari pada sambungan bersusun. Kerugian utamanya ialah ujung yang

akan disambung biasanya harus disiapkan secara khusus (diratakan atau dimiringkan) dan dipertemukan secara hati-hati sebelum dilas. Hanya sedikit penyesuaian dapat dilakukan, dan potongan yang akan disambung harus diperinci dan dibuat secara teliti. Akibatnya, kebanyakan sambungan sebidang dibuat di bengkel yang dapat mengontrol proses pengelasan dengan akurat.



(a) Sambungan sebidang

Gambar 2.2 Jenis – jenis konstruksi sambungan las
(Sumber : Wiryosumarto, 1988 : 159).

2. Sambungan Lapis

Sambungan lapis pada merupakan jenis yang paling umum. Sambungan ini

Mempunyai dua keuntungan utama:

- Mudah disesuaikan. Potongan yang akan disambung tidak memerlukan ketepatan dalam pembuatannya bila dibanding dengan jenis sambungan lain. Potongan tersebut dapat digeser untuk mengakomodasi kesalahan kecil dalam pembuatan atau untuk penyesuaian panjang.
- Mudah disambung. Tepi potongan yang akan disambung tidak memerlukan persiapan khusus dan biasanya dipotong dengan nyala (api)

atau geseran. Sambungan lewatan menggunakan las sudut sehingga sesuai baik untuk pengelasan di bengkel maupun di lapangan. Potongan yang akan disambung dalam banyak hal hanya dijepit (diklem) tanpa menggunakan alat pemegang khusus. Kadang-kadang potongan-potongan diletakkan ke posisinya dengan beberapa baut pemasangan yang dapat ditinggalkan atau dibuka kembali setelah dilas.

- Keuntungan lain sambungan lewatan adalah mudah digunakan untuk menyambung plat yang tebalnya berlainan.

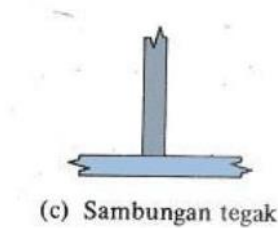


(b) : Sambungan lewatan

Gambar 2.3 Jenis – jenis konstruksi sambungan las
(Sumber : Wiryosumarto, 1988 : 159).

3. Sambungan Tegak

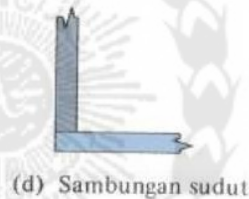
Jenis sambungan ini dipakai untuk membuat penampang bentukan (built-up) seperti profil T, profil I, gelagar plat (plat girder), pengaku tumpuan atau penguat samping (bearing stiffener), penggantung, konsol (bracket). Umumnya potongan yang disambung membentuk sudut tegak lurus seperti pada Gambar 6.16(c). Jenis sambungan ini terutama bermanfaat dalam pembuatan penampang yang dibentuk dari plat datar yang disambung dengan las sudut maupun las tumpul.



Gambar 2.4 Jenis – jenis konstruksi sambungan las
(Sumber : Wiryosumarto,1988 : 159).

4. Sambungan Sudut

Sambungan sudut dipakai terutama untuk membuat penampang berbentuk boks segi empat seperti yang digunakan untuk kolom dan balok yang memikul momen puntir yang besar.



Gambar 2.5 Jenis – jenis konstruksi sambungan las
(Sumber : Wiryosumarto,1988 : 159).

5. Sambungan Sisi

Sambungan sisi umumnya tidak struktural tetapi paling sering dipakai untuk menjaga agar dua atau lebih plat tetap pada bidang tertentu atau untuk mempertahankan kesejajaran (alignment) awal.



Gambar 2.6 Jenis – jenis konstruksi sambungan las
(Sumber : Wiryosumarto,1988 : 159).

Seperti yang dapat disimpulkan dari pembahasan di muka, variasi dan kombinasi kelima jenis sambungan las dasar sebenarnya sangat banyak. Karena biasanya terdapat lebih dari satu cara untuk menyambung sebuah batang struktural dengan lainnya, perencana harus dapat memilih sambungan (atau kombinasi sambungan) terbaik dalam setiap persoalan.

2.4.2 Pengelasan pipa

1. Pengelasan akar

- a. Pemakaian las SMA: teknik pengelasan akar turun untuk mendapatkan penembusan yang baik biasanya digunakan las SMA dengan elektroda jenis hydrogen rendah. Sedangkan untuk pengelasan biasanya digunakan las SMA dengan elektroda tembus jenis hydrogen rendah. Beberapa contoh sambungan dasar dapat dilihat dalam gambar dan syarat pengelasannya dicantumkan dalam tabel.

Untuk mendapatkan laju pengelasan yang tinggi, antara 50-70 cm/menit dapat digunakan las SMA dengan elektod jenis selulosa yang sesuai dengan spesifikasi dari standar AWS no.E-6010. Dengan pengelasan ini lapisan las yang kedua harus segera dilaksanakan, Karena itu las ini disebut las panas. Selisih waktu antara las akan dan las panas harus ditentukan dalam prosedur pengelasan. Beberapa syarat pengelasan SMA dengan elektroda jenis selulosa dicantumkan dalam table :

Tabel 2.1 Kondisi pengelasan tembus
Penggunaan Las Dalam Konstruksi

Lapisan	Jenis elektroda (JIS)	Diameter elektroda (mm)	Arus las (Amp)
Akar	D4316	2,6	50-85
		3,2	70-110
Isi akhir	D4301	3,2	80-130
		4,0	120-170

(sumber: Harsono Wiryosumarto hal 322)

Tabel 2.2 Kondisi pengelasan turun dengan elektroda jenis selulosa

Lapisan	Jenis elektroda (AWS)	Diameter elektroda (mm)	Arus las (Amp)
Akar	E6010	4,0	130-180
Panas	E7010	4,0	130-200
Isi Akhir	E6010	4,0	130-180
	E7010	5,0	150-200

- b. Pemakaian las GMA: las GMA semi otomatis dengan gas pelindung campuran antara CO_2 dan Ar digunakan juga dalam pengelasan akar proses las ini memberikan laju pengelasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan las SMA, tetapi memerlukan juru las yang terampil. Untuk pengelasan akar biasanya digunakan arus hubungan singkat. Dalam tahun tahun akhir ini untuk pengelasan pipa digunakan las GMA otomatis, untuk mendapatkan efisiensi pengelasan yang tinggi pada pipa biasanya dibuat alur khusus yang memberikan luas penampang alur yang kecil.
- c. Pemakaian las TIG: las TIG biasanya digunakan untuk pengelasan pipa yang terbuat dari baja paduan, baja tahan karat atau logam bukan baja. Tetapi kadang kadang digunakan juga untuk pengelasan pipa baja

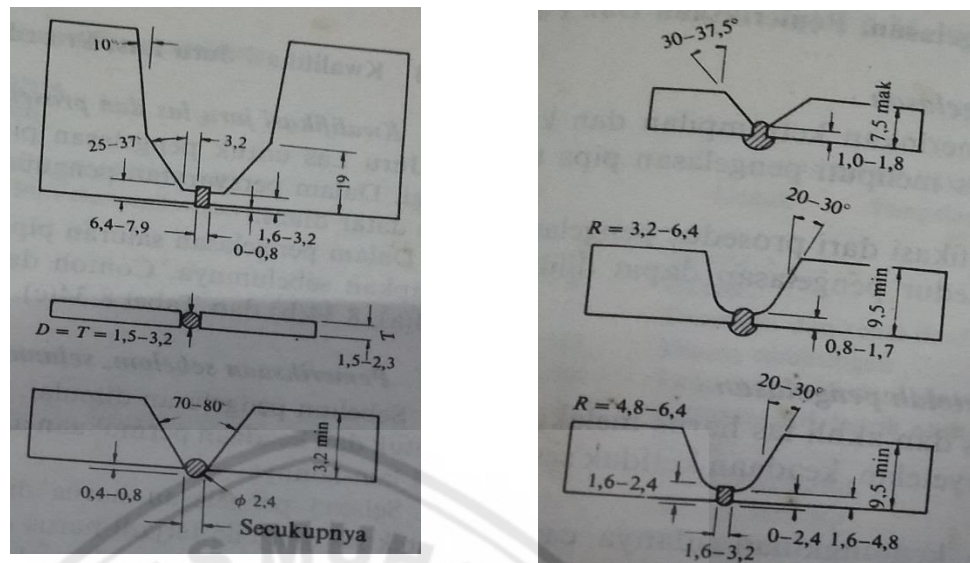
karbon rendah. Las TIG untuk pipa dapat dilakukan dengan logam pengisi, tanpa logam pengisi atau dengan cincin pengisi. Sambungan dengan cincin pengisi dapat dilihat pada gambar

- d. Penggunaan cincin penahan: dengan pengelasan pipa kadang kadang digunakan cincin penahan yang turut mencair seperti yang ditunjukkan pada gambar. Bila menggunakan tembaga sebagai penentu, harus di usahakan agar tembaga tidak mencair dan tidak bercampur dengan logam pengisi, Karena hal ini akan mempermudah terjadinya retak.

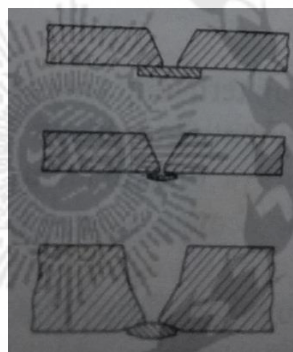
2. Las isi dan las akhir

Setelah selsesai las akar , maka selanjutnya alur las harus diisi dengan las isi dan kemudian diselesaikan dengan las akhir . pelaksanaan las isi dan las akhir tidak sesukar seperti pelaksanaan las akar. Dalam hal ini bahan las harus sesuai dengan bahan pipa dan jumlah lapisan las dapat diatur oleh tebalnya las isi. Sedangkan tebal lapisan nya tergantung dari posisi pengelasan. Las akhir , yang membentuk kepala manik harus mempunyai ketinggian tertentu dari kaki manik sehingga dapat memberikan penguatan yang diperlukan .

Dalam hal pengelasan SMA , walaupun las isinya dilaksanakan dengan las lurus, las akhir atau kepala maniknya, sebaiknya dilakukan dengan las anyam dan harus diusahakan terjadi tarikan yang terlalu dalam.



Gambar 2.7 Penggunaan cincin pengisi



Gambar 2.8 Geometri sambungan dengan cincin penahan
(sumber: Harsono Wiryosumarto hal 323)

3. Pemanasan sebelum dan sesudah pengelasan

Pemanasan mula yang dilaksanakan sebelum pengelasan perlu untuk pipa yang dibuat dari baja kuat atau bila pengelasan dilakukan dengan elektroda jenis selulosa. Lamanya dan suhu pemanasan nya tergantung dari bahan, tebal dinding, proses las dan bahan las yang

digunakan. Dalam hal pipa yang dibuat dari baja lunak biasanya tidak diperlukan pemanasan mula.

Pemanasan sesudah pengelasan biasanya tidak diperlukan dalam pengelasan pipa saluran, kecuali bila persyaratan untuk menurunkan kekerasan yang harus dilaksanakan segera setelah pengelasan selesai.

2.5 Elektroda

Elektroda atau kawat las ialah suatu benda yang dipergunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala.

Banyak orang yang berpikir bahwa kawat las hanya memiliki satu jenis saja. Apapun barang yang dilas, maka jenis las dan bentuk kawatnya pun hanya itu-itu saja. Padahal sebenarnya, terdapat banyak sekali jenis kawat las yang biasa dipanggil elektroda di pasaran. Satu jenis elektroda ini dipakai khusus untuk suatu pekerjaan pengelasan. Elektroda atau kawat las ini menentukan seberapa besar arus listrik yang pas untuk suatu pekerjaan pengelasan. Elektroda sendiri memiliki berbagai kode spesifikasi yang dapat kita lihat pada kardus pembungkus kawat las. Kebanyakan pengelas biasanya menggunakan insting, pengalaman, dan kebiasaan dalam menentukan kawat las dan besarnya arus listrik, namun, kita dapat mengenal

beberapa kode yang tertulis dalam bungkus elektroda atau kawat las, khususnya yang memiliki tipe SMAW.

Kebanyakan masyarakat awam yang tidak memiliki pengetahuan yang mendalam mengenai dunia pengelasan berpikir bahwa hanya ada satu kawat las saja. Tidak banyak yang mengetahui bahwa sebenarnya ada berbagai jenis kawat las yang dipergunakan untuk melakukan pengelasan untuk jenis material yang berbeda. Perbedaan yang ada di antara berbagai jenis kawat las listrik atau yang sering juga disebut elektroda ini terletak pada berbagai hal termasuk juga besaran arus listrik yang akan dipergunakan dalam proses pengelasan. Material yang berbeda membutuhkan besaran arus listrik yang berbeda pula untuk memberikan hasil las yang paling pas, sesuai dengan kebutuhan yang ada.

2.5.1 Standar Kawat Las Listrik

Ada standar tertentu yang dipergunakan oleh para pelaku industri pengelasan untuk bisa menentukan elektroda yang akan dipakai dan besaran arus listrik yang diperlukan. Standar yang umum dipakai adalah standar yang ditentukan oleh AWS (American Welding Society), yang merupakan badan pengelasan resmi di Amerika Serikat. Standar yang ditetapkan oleh badan ini telah diakui secara luas dan dipergunakan sebagai standar pengelasan di berbagai negara. Badan ini mengeluarkan standar yang dinyatakan dengan tanda E XXXX yang berarti:

- E merujuk pada keterangan kawat las listrik alias elektroda
- XX (dua angka pertama) merujuk pada kekuatan tarikan dari kawat las yang dinyatakan dalam satuan kilo pund square inch atau Ksi. Satuan ini juga sering dinyatakan dalam lb/in²
- X (angka ketiga) merujuk pada posisi pengelasan yang bisa dilakukan dengan elektroda tersebut. Angka 1 menunjukkan penggunaan pada semua posisi, angka 2 menunjukkan bahwa kawat las tersebut dapat dipakai pada posisi datar dan horizontal dan angka 3 menunjukkan bahwa kawat las tersebut hanya dapat dipakai pada posisi flat saja
- X (angka keempat) merujuk pada jenis pelapis dan arus yang dipergunakan pada elektroda tersebut

Spesifikasi tersebut berlaku untuk penggunaan pengelasan pada Mild Steel sementara untuk spesifikasi atau standar untuk proses pengelasan yang lain seperti untuk Low Alloy Steel dan juga untuk Stainless Steel memiliki berbagai kode tambahan lagi di belakang kode standar yang telah disebutkan diatas. Para pelaku industri pengelasan wajib mengetahui dengan persis apa yang tercantum pada kotak kemasan elektroda yang akan mereka beli sehingga mereka bisa mengetahui kegunaan yang spesifik dari elektroda tersebut.

2.5.2 Kawat Las Listrik Baja

Untuk elektroda yang akan dipergunakan untuk pengelasan baja lunak sendiri terdiri atas berbagai jenis tergantung dari material yang dipergunakan. Beberapa contoh diantaranya adalah:

- Elektroda untuk proses pengelasan besi tuang yang terbagi lagi atas beberapa jenis elektroda yaitu elektroda baja, elektroda nikel, elektroda perunggu dan elektroda dengan hydrogen rendah
- Elektroda untuk aluminium
- Elektroda untuk pelapis keras yang bertujuan untuk memberikan lapisan yang keras pada material yang dilas sehingga material tersebut bisa lebih tahan terhadap berbagai hal. Elektroda jenis ini sendiri terbagi atas 3 macam yaitu elektroda tahan aus, elektroda tahan pukulan dan elektroda tahan kikisan

2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Pengelasan

Secara prinsip, pengelasan bertujuan untuk membuat ikatan metalurgi antara bahan dasar dan elektroda las yang dipakai melalui energi panas. Sumber energi panas yang digunakan bisa berasal dari pembakaran gas maupun perubahan energi listrik. Syarat utamanya ialah energi panas tersebut harus lebih tinggi daripada titik lebur bahan dasar dan elektrode.

Las merupakan sambungan setempat. Proses pengelasan biasanya mengandalkan energi panas yang memiliki suhu berkisar antara 2000-3000

derajat celsius. Pada suhu tersebut, area pengelasan akan mengalami proses peleburan secara bersama-sama. Hasilnya berupa suatu ikatan metalurgi logam yang berjenis asam.

Jika dibandingkan dengan sambungan-sambungan yang lain, maka sambungan las mempunyai beberapa kelebihan yang patut diperhitungkan. Di antaranya yaitu pengerjaan konstruksi sambungan yang terbilang cukup sederhana, waktu pelaksanaannya relatif cepat, dan penggunaan bahannya bisa dihemat semaksimal mungkin. Selain itu, konstruksi sambungan las juga memiliki bobot yang lebih ringan serta hasilnya pun lebih rapi tidak merusak desain awal pada konstruksi tersebut.

Ada beberapa faktor yang berpengaruh besar terhadap kualitas pengelasan, antara lain :

1. Teknik Pengelasan

Faktor utama yang menentukan seberapa bagus mutu pengelasan yang dilakukan oleh seorang pekerja adalah teknik pengelasan yang digunakan. Faktor ini menimbulkan pengaruh langsung terhadap hasil dari pekerjaan las. Beberapa aspek terkait teknik pengelasan ini di antaranya posisi mengelas, kecepatan mengelas, dan bentuk kampuh sambungan. Tidak hanya aspek-aspek tadi, ukuran elektrode las serta brander las yang digunakan pun turut andil dalam mempengaruhi seberapa rapi pekerjaan pengelasan yang dilakukan.

2. Bahan Logam

Sebelum dilas, logam harus dikenai panas terlebih dahulu sampai meleleh dan wujudnya berubah menjadi lumer. Menariknya sifat logam yang disambung juga dipengaruhi oleh proses pendinginannya kembali. Jika logam tersebut didinginkan secara perlahan-lahan, maka sifatnya akan berubah menjadi kenyal. Sedangkan bila didinginkan secara mendadak dalam waktu yang cukup cepat, maka karakteristik logam akan menjadi getas.

Perubahan kimia yang terjadi pada logam tadi disebabkan oleh susunan unsur-unsur di dalamnya, khususnya unsur karbon (C). Hal ini dikarenakan logam yang meleleh pada temperatur tinggi lebih banyak mengandung gas dibandingkan logam yang meleleh pada suhu rendah. Akibatnya pengelasan yang keliru akan menimbulkan efek keropos.

Guna mencegah terjadinya pengeroposan, bahan pelindung (fluks) perlu ditambahkan sewaktu proses pengelasan tengah berlangsung. Usahakan pula supaya logam-logam yang akan disambung mempunyai titik lebur yang sama. Alhasil, proses pembuatan sambungan las pun akan menciptakan hasil yang sempurna.

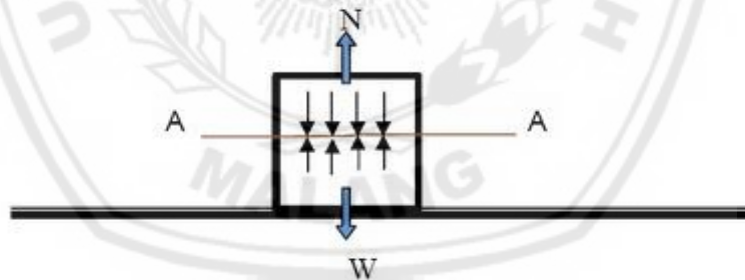
3. Pengaruh Panas

Pengaruh panas yang mengenai sambungan las dapat menyebabkan terjadinya ekspansi dan pemuaian. Hal ini mengakibatkan timbulnya tegangan-

tegangan sekunder yang diinginkan di sekitar sambungan tersebut. Tahukah Anda, proses pendinginan pada logam yang dilas akan melewati proses pembekuan. Jika tidak diperhatikan dengan benar, proses tersebut akan menyebabkan terbentuknya lubang-lubang halus akibat reaksi oksida dan pemisahan.

2.7 Pengertian Tegangan Geser

Hukum Newton pertama tentang aksi dan reaksi, bila sebuah balok terletak di atas lantai, balok akan memberikan aksi pada lantai, demikian pula sebaliknya lantai akan memberikan reaksi yang sama, sehingga benda dalam keadaan setimbang. Gaya aksi sepusat (F) dan gaya reaksi (F'') dari bawah akan bekerja pada setiap penampang balok tersebut. Jika kita ambil penampang A-A dari balok, gaya sepusat (F) yang arahnya ke bawah, dan di bawah penampang bekerja gaya reaksinya (F'') yang arahnya ke atas.



Gambar 2.9 Tegangan yang timbul pada penampang

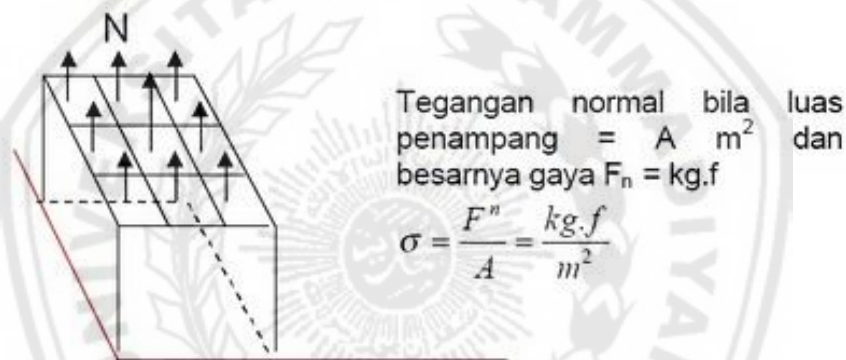
Pada bidang penampang tersebut, molekul-molekul di atas dan di bawah bidang penampang A-A saling tekan menekan, maka setiap satuan luas penampang menerima beban sebesar: F/A

2.7.1 Macam-macam Tegangan

Tegangan timbul akibat adanya tekanan, tarikan, bengkokan, dan reaksi. Pada pembebanan tarik terjadi tegangan tarik, pada pembebanan tekan terjadi tegangan tekan, begitu pula pada pembebanan yang lain.

1. Tegangan Normal

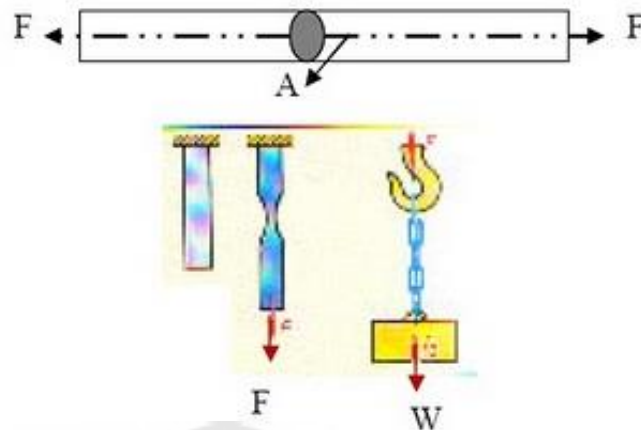
Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda. Jika gaya dalam diukur dalam N, sedangkan luas penampang dalam m^2 , maka satuan tegangan adalah N/m^2 atau $dyne/cm^2$.



Gambar 2.10 Tegangan Normal

2. Tegangan Tarik

Tegangan tarik pada umumnya terjadi pada rantai, tali, paku keling, dan lain-lain. Rantai yang diberi beban W akan mengalami tegangan tarik yang besarnya tergantung pada beratnya.



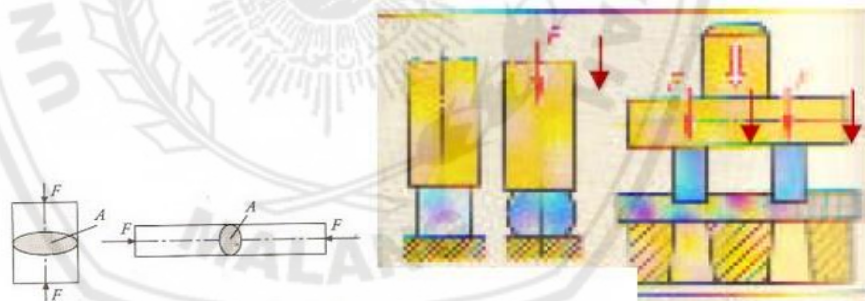
Gambar 2.11 Tegangan tarik pada batang penampang luas A

3. Tegangan Tekan

Tegangan tekan terjadi bila suatu batang diberi gaya F yang saling berlawanan dan terletak dalam satu garis gaya. Misalnya, terjadi pada tiang bangunan yang belum mengalami tekukan, porok sepeda, dan batang torak.

Tegangan tekan dapat ditulis:

$$\sigma_D = \frac{F_a}{A} = \frac{F}{A}$$

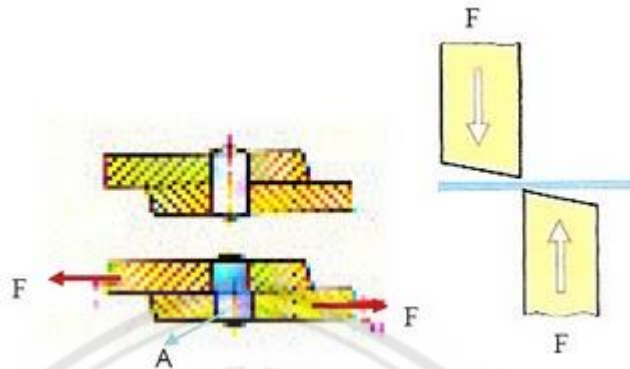


Gambar 2.12 Tegangan Tekan

Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi

pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut.



Gambar 2.13 Tegangan Geser

Pada gambar diatas, dua gaya F sama besar berlawanan arah. Gaya F bekerja merata pada penampang A . Pada material akan timbul tegangan geser, sebesar :

$$\tau_g = \frac{\text{gayadalam}}{\text{luaspenampang}}$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} (N/m^2)$$

$$\text{Untuk konstruksi pada paku keling, maka } F_{\text{maksimum}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

Tegangan geser terjadi karena adanya gaya radial F yang bekerja pada penampang normal dengan jarak yang relative kecil, maka pelengkungan benda diabaikan. Untuk hal ini tegangan yang terjadi adalah Apabila pada konstruksi mempunyai n buah paku keling, maka sesuai dengan persamaan dibawah ini tegangan gesernya adalah

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$$

$$\tau_s = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2}, \quad \text{Dimana } D = \text{diameter paku keling}$$

2.8 Perhitungan sambungan las untuk beban statis

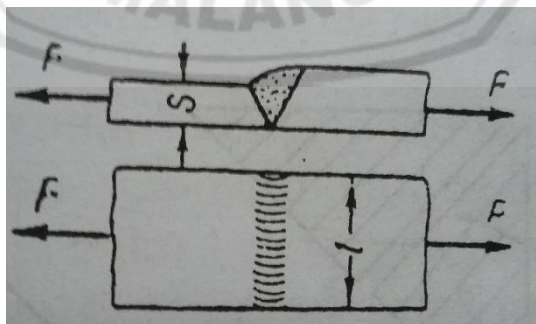
Dalam perhitungan las diasumsikan bahwa :

- Beban terdistribusi sepanjang lasan
- Tegangan yang terjadi menyebar disetiap titik dari penampang efektif

Sambungan temu (butt jointed)

Gambar 5.3 memperlihatkan alur las berbentuk V tunggal yang dibebani oleh gaya Tarik F untuk pembebanan Tarik ataupun tekan.

Tegangan normal adalah rata-rata :



Gambar 2.14 Sambungan temu
(Sumber : Ir.Zainun Ahmad, MSC. Hal 57)

$$\sigma_1 \leq [\sigma_1]$$

$$\frac{F}{h \cdot l} \leq [\sigma_1]$$

Dimana $[\sigma_1]$ = tegangan Tarik yang di iijinkan (psi)

F = gaya normal (lb)

H = tebal pelat (in)

I = panjang lasan (in)

Sambungan tumpeng (lap jointed)

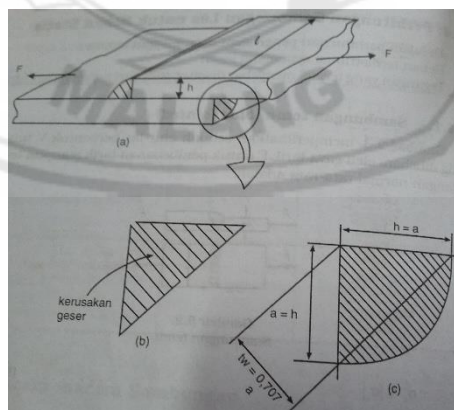
Gambar 2.3 menunjukkan sambungan tumpeng yang bekerja gaya F yang akan menimbulkan tegangan geser pada lasan adalah :

$$\tau_s \leq [\tau_s]$$

$$\frac{F}{A} \leq [\tau_s]$$

Dimana A = luas penampang geser (in)

$$2t_w l = 2 \times 0,707a \times l$$



Gambar 2.15

- Beban geser pada sambungan tumpeng
- Kerusakan geser
- Dimensi tebal lasan

(Sumber : Ir.Zainun Ahmad, MSC. Hal 58)

Sambungan T (Tee jointed)

Bila gaya F bekerja sejajar dengan panjang logam dan eksentris seperti pada gambar 2.2 , maka pada sambungan logam akan terjadi momen bending dan gaya geser, sehingga rumus tegangan total sebagai berikut :

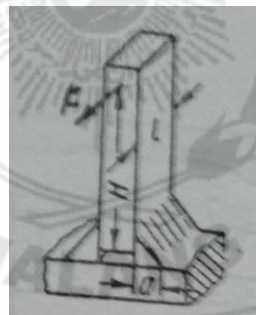
$$\text{Tegangan geser } \tau_1 = \frac{F}{0,7 A} \text{ dimana } A = 2. a. \ell$$

Tegangan bending akibat momen bending

$$\sigma_2 = \frac{P.H}{0,7 W} \text{ dimana } W = \frac{2. a. \ell^2}{6} = A \frac{\ell}{6}$$

Sehingga tegangan total

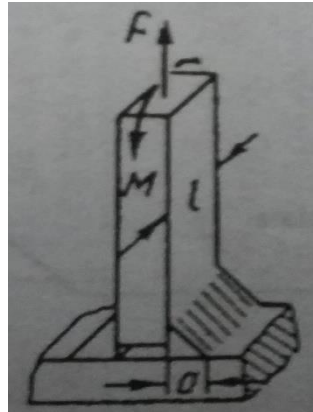
$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \sigma_2^2} = \frac{F}{0,7 A} \sqrt{1 + \left(\frac{6H}{\ell}\right)^2} \leq |\tau|$$



Gambar 2.16 Sambungan Tee dengan beban F

Bila pada sambungan tersebut bekerja gaya F dan momen seperti gambar 2.24 , maka menimbulkan tegangan pada logam adalah :

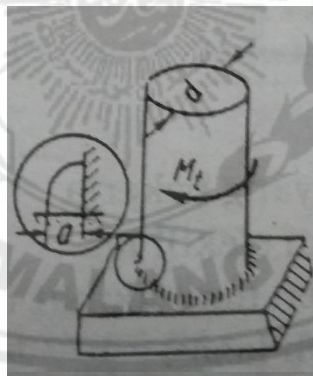
$$\tau = \frac{M}{0,7 W} + \frac{F}{0,7 A} \leq |\tau|$$



Gambar 2.17 Sambungan T dengan beban F dan momen
(Sumber : Ir.Zainun Ahmad, MSC. Hal 59)

Untuk sambungan T dengan elemen yang berbentuk silinder dan momen punter yang bekerja pada silinder tersebut adalah M_t . sehingga menimbulkan tegangan geser seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.6.

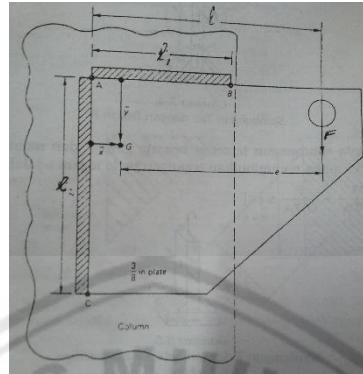
$$\tau_s = \frac{2M_t}{0,7ad^2} \leq |\tau_s|$$



Gambar 2.18 Sambungan T silinder
(Sumber : Ir.Zainun Ahmad, MSC. Hal 60)

2.9 Perhitungan sambungan las dengan pembebanan eksentris

Puntiran pada sambungan las



Gambar 2.19 Sambungan dengan pembebanan eksentris
(Sumber : Ir.Zainun Ahmad, MSC. Hal 60)

Pada gambar 2.27 menunjukkan suatu konstruksi sambungan las dengan gaya F yang bekerja di luar daerah logam dengan jarak e terhadap lasan AC , sehingga tegangan yang terjadi adalah akibat beban F terhadap titik berat G kelompok lasan.

$$\tau = \frac{F}{A} + \frac{Mt}{J}$$

Dimana : F = Gaya yang bekerja

A = Luasan efektif las

Mt = Momen torsi akibat beban F terhadap

titik berat daerah lasan

r = Jarak terhadap titik berat daerah lasan

J = Momen tahanan polar

Titik berat G kelompok lasan terhadap koordinat \bar{x} dan \bar{y} dapat ditulis

$$\bar{x} = \frac{\sum Lix_i}{\sum Li}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum Liy_i}{\sum Li}$$

Jika pusat berat sebagai dasar referensi , maka momen inersia polar dapat dihitung . Untuk lasan tunggal yang sejajar dengan sumbu x.

$$I_{x(i)}^1 = Liy_i^2$$

$$I_{y(i)}^1 = \frac{Li^3}{12} + Li \bar{x}_i^2$$

Jadi momen tahanan polar untuk lasan tunggal

$$J = I_{x(i)}^1 + I_{y(i)}^1$$

Untuk menghitung tegangan geser pada komponen vertical dan horizontal dan kombinasi dari keduanya adalah :

$$\tau_v^1 = \frac{Fv}{L} + \frac{\ell F_{rH}}{\pi}$$

$$\tau_H^1 = \frac{Fv}{L} + \frac{\ell F_{rv}}{\pi}$$

$$\tau^1 = \sqrt{(\tau_v^1)^2 + (\tau_H^1)^2}$$

Dimana : F = Komponen gaya vertical

F = Komponen gaya horizontal

r = Jarak komponen gaya vertical terhadap titik berat

r = Jarak komponen gaya horizontal

terhadap titik berat

Kaki alasan dapat dihitung dengan membandingkan tegangan geser yang terjadi τ^1 dengan tegangan yang diijinkan dari material lasan yang diketahui dari electrode yang digunakan. Missal Group E70xx berarti electrode tersebut mempunyai kekuatan luluh $\sigma_y = 60$ Ksi dan $\sigma_u = 70$ Ksi, sehingga :

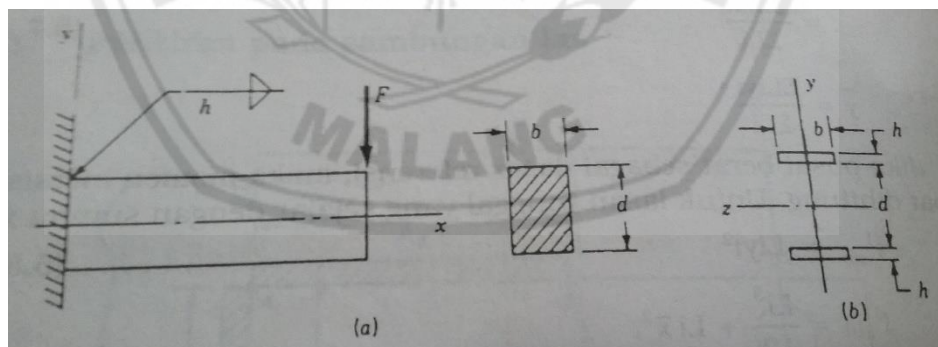
$$a = \frac{\tau^1}{0,707|\tau|}$$

Dimana : u = kaki lasan (in)

τ^1 = tegangan geser yang terjadi (lb/in)

$|\tau|$ = tegangan geser yang diijinkan (psi)

Lenturan pada sambungan las



Gambar 2.20 Gelegar persegi empat yang dilas pada tumpuan
(Sumber : Ir.Zainun Ahmad, MSC. Hal 60)

Gambar 5.8 menunjukkan batang yang dilas pada sebuah tumpuan dengan sambungan sudut disebelah atas dan bawah. Diagram benda bebas

dari gelagar tersebut akan memperlihatkan suatu reaksi gaya geser V dan suatu reaksi momen M . Gaya geser menghasilkan geser pada lasan sebesar

$$\tau^1 = \frac{V}{A}$$

Dimana A = luasan lasan total

Momen M menghasilkan tegangan lentur normal σ_b pada lasan , walaupun tidak besar. Biasanya dalam Analisa tegangan las dianggap bahwa tegangan ini bekerja normal pada luasan luasan. Dengan memperlakukan kedua tegangan pada gambar 5.8.b. diatas kita mendapatkan momen inersia adalah :

$$I_n = \frac{b \cdot d^2}{12}$$

Maka momen inersia berdasarkan panjang lasan

$$I = 0,707 a \cdot \frac{b \cdot d^2}{2}$$

Tegangan normal sekarang didapat:

$$\sigma = \frac{M_1}{I} = \frac{M(d/2)}{0,707ab \cdot d^2/2} = \frac{1.414 M}{b \cdot d \cdot a}$$

2.10 Kekuatan sambungan las

Pemilihan sifat electrode dengan sifat logam yang dilas biasanya tidaklah begitu penting dibandingkan kecepatan. Pertimbangan operator dan

bentuk sambungan yang dihasilkan. Sifat-sifat elektroda dari beberapa kelas electrode dapat dilihat pada table :

Tabel 2.3 sifat minimum logam las

Nomor elektroda AWS	Kekuatan Tarik Ksi	Kekuatan lulus Ksi	Presentase Pemanjangan
E60XX	62	56	17-25
E70XX	70	57	12
E80XX	80	67	19
E90XX	90	77	14-17
E100XX	100	87	13-16
E120XX	120	107	14

AWS =American Welding Society untuk elektroda

Perencana dapat memiliki factor keamanan atau tegangan yang digunakan secara mantap. Bila perencana tersebut mengetahui standar , standar yang ditentukan di dalam perencanaan . Salah satu standar yang terbaik untuk dipakai adalah kode AISC (American Institue of Steel Consinection) untuk kontruksi bangunan. Dan kode tersebut mengizinkan pemakaian beberapa baja kontruksi ASTM (American Society of Testing and Material) yang mempunyai kekuatan luluh berkisar antara 33 sampai 50 Ksi. Asal saja pembebanan nya sama. Kode tersebut memungkinkan tegangan yang sama pada logam las maupun pada logam yang dilaskan.

Tabel berisi rumus yang ditetapkan oleh kode tersebut untuk menghitung tegangan yang diijinkan pada kondisi pembebanan.

Tabel 2.4 Tegangan – Tegangan yang diijinkan oleh kode AISC untuk logam las

Jenis beban	Jenis Sambungan Las	Tegangan yang diijinkan	Faktor Keamanan N
Tarik	Las temu	$0,6 \sigma$	1,67
Bantalan	Las temu	$0,9 \sigma$	1,11
Lenturan	Las temu	$0,6-0,66 \sigma$	1,52 – 1,67
Tekan	Las temu	$0,6 \sigma$	1,67
Geser	Las temu	$0,4 \sigma$	1,44

N = Faktor keamanan berdasarkan analisis teori energi distorsi.

Faktor konsentrasi tegangan telah terdapat table 5.4 ,dimana yang telah diusulkan oleh jenning. Disarankan untuk dipakai. Faktor-faktor ini harus dipakai untuk logam lasnya.

Tabel 2.5 Faktor konstruksi Tegangan lelah

Jenis Sambungan	Kf
Sambungan temu yang diperkuat	1,2
Ujung dari las sudut yang melintang	1,5
Ujung dari las sudut yang sejajar	2,7
Las temu bentuk T dengan sudut tajam	2,0

